

# Über ein neues, im Buntsandstein erbohrtes Mineralwasser und die Bedeutung solcher Wässer für die Paläogeographie des Buntsandsteins.

Von F. Röhrer, Heidelberg.

## I. Das Bohrloch bei Enzberg.

Im Jahre 1911 ließ die Stadt Pforzheim dicht an der badisch-württembergischen Grenze auf dem rechten Ufer der Enz, gegenüber der Ortschaft Enzberg, am sog. Felsenwäldle ein Bohrloch abteufen, um die hydrogeologischen Verhältnisse im unteren Enztal zu untersuchen. Unter 4,8 m Schwemmland der Enz wurden zunächst noch 28 m unterer Muschelkalk und dann noch 33,99 m oberer Buntsandstein durchbohrt. Von diesen rund 34 m entfallen 7—9 m auf die Röttone, die restlichen 25—27 m gehören den plattigen Sandsteinen der Zwischenschichten an. Auffällig ist die auch durch die Bohrproben belegte Angabe des Bohrprofils, daß zwischen 49,8 und 54,4 m ein harter grobkörniger Sandstein durchfahren wurde, da derartiger Sandstein erst in den tiefer liegenden Horizonten des Hauptkonglomerates aufzutreten pfllegt.

Von der Bohrung wurden zwei Wasserhorizonte angetroffen. Der erste lag in den untersten Schichten des Wellengebirges über den Röttonen und lieferte bei 5—6 m Spiegelabsenkung 4—5 l pro Sek. Über die chemische Zusammensetzung dieses Wassers liegen zwei Untersuchungen vor.

Tag der Entnahme	Tiefe	Gesamthärte	CaO	Cl	SO <sub>3</sub>
28. 3. 1911	26 m	42°	453.7	8.16	240.7
22. 4. 1911	26 m	46°	—	6.75	sehr viel

Die Härtebestimmungen erfolgten mittels Seifenlösung.

Als die zweite Probe entnommen wurde, hatte das Bohrloch bereits seine Endtiefe von 66,8 m erreicht, d. h. der zweite Wasserhorizont war schon erschlossen. Dieser lag in den bereits erwähnten grobkörnigen Sandsteinen zwischen 49,8 und 54,5 m. Mit dem ersten Horizont zusammen ergab er unmittelbar nach seiner Erbohrung, also vor Erreichen der Endtiefe, bei 5 m Absenkung 18 l pro Sek. Nach Abteufen bis zur Endtiefe stellte man abermals einen Pumpversuch an. Er ergab

nur noch 14—15 l pro Sek., d. h. man hatte in den letzten 12 m Wasserverluste.

Das im zweiten Horizont erschlossene Wasser war seiner chemischen Natur nach von dem Wasser des ersten Horizontes wohl kaum verschieden, nur seine Konzentration scheint erheblich höher gewesen zu sein. Eine aus 62 m Tiefe entnommene Probe (10. 4. 11) zeigte 52° Härte, 12.07 mg Cl und sehr viel Schwefelsäure. Die Untersuchung wurde am 22. April dann etwas gründlicher wiederholt und ergab folgende Zahlen:

Gesamtrückstand	1983.0 mg	Gesamthärte, berechnet	70.8°
Glührückstand	1689.2	mit Seifenlösung.	57.5°
CaO	596.8	Cl	20.49 mg
MgO	79.4	SO <sub>3</sub>	606.8

Schon dieses Wasser hat den Charakter eines Mineralwassers. Allerdings reichen die Angaben der Analyse zu seiner genaueren Untersuchung nicht aus.

Da das erschlossene Wasser nur in beschränktem Maße für Wasserversorgungszwecke brauchbar erschien und da die weiter oberhalb im Enztal niedergebrachten Brunnen das Vorhandensein eines tieferen, an der Grenze des Hauptkonglomerates gegen den mittleren Hauptbuntsandstein gelegenen Wasserhorizontes erwiesen hatten, entschloß sich die Wasserwerksverwaltung im Jahre 1927, durch eine Vertiefung des Bohrlochs auch bei Enzberg jenen tieferen Horizont zu erschließen in der Hoffnung, hier weniger stark mineralisiertes Wasser zu finden. Nach den in der Pforzheimer Gegend ermittelten Mächtigkeiten der Schichten war er in etwa 100 m Tiefe unter der Grenze Muschelkalk—Buntsandstein zu erwarten.

Die Bohrergebnisse bedeuteten zunächst insofern eine Überraschung, als die in etwa 8—9 m unter der Sohle der ersten Bohrung zu erwartende Karneolbank, die sonst in der Pforzheimer Gegend als etwa 2 m mächtiger, blauvioletter Sandstein sehr deutlich in Erscheinung tritt, hier fehlte und die tonige Beschaffenheit des Gesteins bis zu einer Tiefe von 109,7 m anhielt, obwohl schon von 75 m Tiefe an die harten, verkieselten und geröllführenden Sandsteine des Hauptkonglomerates hätten auftreten müssen. Erst von 109,7 m an zeigte sich die normale Ausbildung, nämlich grobkörnige, helle Sandsteine, wie sie in den weiter oberhalb gelegenen Bohrungen ganz allgemein auftraten. Sie reichten bis 143,6 m, wo der an seinem feineren Korn und seinem höheren Tongehalt erkennbare mittlere Hauptbuntsandstein begann. Als dieser Gesteinswechsel einwandfrei feststand, wurde die Bohrung bei 146,8 m Tiefe eingestellt.

Mit diesem Fazieswechsel in der Ausbildung des Buntsandsteins ging auch eine Verschiebung der hydrologischen Verhältnisse Hand in Hand. Während sonst die in dieser Bohrung fehlende Karneolbank einen deutlichen Wasserhorizont bildet, wie noch z. B. in der nur wenig weiter flüßaufwärts gelegenen Bohrung der Nieferner Papierfabrik, war von Wasser in diesem Niveau nichts zu bemerken. Zweifellos hat die tonige Beschaffenheit der Schichten sein Zustandekommen verhindert. Erst bei 102 m Tiefe trat erneut Wasser zu, das unter Auftrieb stand und bei einer Schüttung von 2 l pro Sek. aus dem Bohrloch überfloß. Da angestrebt wurde, nur das Wasser aus dem Buntsandstein für sich allein untersuchen zu können und vor allen Dingen die aus dem Muschelkalk stammenden Wässer abzusperren, wurde die Verrohrung bis 62 m Tiefe mit Beton hintergossen, so daß nur mehr das Wasser der tiefsten, dem Hauptkonglomerat zugehörenden Horizonte gefördert werden konnte. Ein Pumpversuch ergab bei einer Absenkung von 6,5 m eine Menge von 10 l pro Sek. von einer Temperatur von 13,5° C. Der Beweis für das Vorhandensein des tieferen Horizontes, nur wenig tiefer als die Prognose annahm (bei 143 statt 135 m), war damit erbracht.

Die nunmehr vorgenommene chemische Untersuchung brachte das überraschende Ergebnis, daß das erschlossene Wasser nicht ärmer an gelösten Stoffen war als das Muschelkalkwasser, sondern reicher. Die nachstehende Tabelle gibt die Analysen von vier Proben:

Entnommen am: aus Meter Tiefe:	9. 2. 28 67	13. 12. 27 103,5	14. 2. 28 102	16. 11. 28 146,8
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
Gesamtrückstand	1685.0		1670.0	1643.0
Permanganatverbr.	7.47	2.21	2.88	2.89
K <sub>2</sub> O	190.2		193.6	
Na <sub>2</sub> O	217.7		223.3	
NH <sub>3</sub>	+			+
CaO	330.0	364.0	323.0	321.8
MgO	65.0	81.6	63.6	65.4
Gesamthärte, berechn.	42.03°	47.75°	41.14°	41.27°
Al	+		+	+
Fe	+	+	+	+
Cl	248.5	(42.6)?	244.9	237.8
SO <sub>4</sub>	534.9	436.3	530.0	517.9
N <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	+	6.0	+	+
N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0	0	0	0
Si				1.0

Die in diesen Zahlen zutage tretende Zunahme der gelösten Stoffe und ihre Art ließen es ratsam erscheinen, das Wasser einer eingehenderen chemischen Untersuchung zu unterziehen. Die dazu nötige Probe wurde am 27. August 1928 dem Bohrloch entnommen und in der öffentlichen Untersuchungsanstalt der Stadt Pforzheim analysiert. Aus den von dieser Stelle ermittelten Originalzahlen habe ich nach den im Deutschen Bäderbuch (1907) aufgestellten Grundsätzen für die Berechnung von Mineralwasseranalysen folgendes Ergebnis errechnet:

### I. Ionentabelle.

Kationen:	mg/l	mg-Jon	Milli-Val
K	0.1132	2.891	2.891
Na	0.1883	8.169	8.169
Ca	0.2708	6.748	13.496
Mg	0.0471	1.933	3.866
Fe	0.00055	0.010	0.020
Al	0.00085	0.031	0.093
			<hr/>
			28.535
Anionen:			
NO <sub>3</sub> '	0.00174	0.028	0.028
Cl'	0.1775	5.007	5.007
SO <sub>4</sub> ''	0.6840	7.121	14.242
HCO <sub>3</sub> '	0.56505	9.261	9.261
	<hr/>	<hr/>	<hr/>
	2.04909	41.199	28.538
H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	0.00286	0.036	
CO <sub>2</sub>	0.02618	0.595	
	<hr/>	<hr/>	
	2.07813	41.830	

### II. Salztabelle.

KNO <sub>3</sub>	0.0028
KCl	0.2136
NaCl	0.1254
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0.4283
CaSO <sub>4</sub>	0.5530
Ca(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	0.4358
	<hr/>
Übertrag	1.7589

Übertrag	1.7589
Mg(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	0.2830
Fe(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	0.0018
Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	0.0054
H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	0.0029

---

2.0520

CO <sub>2</sub>	0.0262 = 14.022 cem bei 13,5° C und 760 mm
	Druck.

---

2.0782

Aus den für gebundene und freie Kohlensäure angegebenen Zahlen errechnet sich die Wasserstoffionenkonzentration (Formel nach Tillmanns) zu

$$\text{pH} = 7.527.$$

Den in der Analyse mitgeteilten Zahlen liegt die Arrheniussche Konzentration zugrunde, d. h. sie geben den Gehalt pro Liter Mineralwasser an. Da das spezifische Gewicht nicht bekannt ist, konnte die vom Deutschen Bäderbuch zugrunde gelegte Raoult'sche Konzentration, die die Mengenangaben auf 1 kg Mineralwasser bezieht, nicht in Anwendung kommen. Die Verschiebungen, die die angegebenen Zahlen durch diese Umrechnung erfahren haben würden, sind aber unbedeutend, so daß also eine Trübung des Bildes der chemischen Eigenschaften nicht zu befürchten ist.

Die Bezeichnung des erschlossenen Wassers als Mineralwasser ist aus zwei Gründen berechtigt. Einmal ist die Gesamtkonzentration der gelösten Stoffe mit 2.07813 g/l etwas mehr als doppelt so groß als das Deutsche Bäderbuch verlangt (1 g/l). Dann aber ist das reichliche Auftreten von SO<sub>4</sub>-Ion, das in der Salztabelle zur Errechnung von nahezu 0.5 g Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> geführt hat, allein schon ein ausreichender Grund für diese Bezeichnung. Weniger Wert möchte ich auf die über die mittlere Jahrestemperatur des Ursprungsortes hinausgehende Wassertemperatur legen. Für Enzberg darf 9,5—10° C als mittlere Jahrestemperatur angesetzt werden. Da das Wasser aus etwa 140 m Tiefe kommt, müßte es eine um etwa 4,0° C höhere Temperatur haben, d. h. wir kommen fast genau auf die Temperatur des Enzberger Wassers. Diese Temperatur muß aber jedes aus etwa 140 m Tiefe aufsteigende Wasser zeigen, d. h. sie stellt keine Besonderheit der Wässer dieser Tiefe dar.

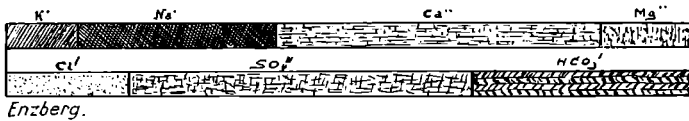
Für die Einreihung in das System der Mineralwässer ist zunächst der hohe SO<sub>4</sub>''-Gehalt von entscheidender Bedeutung\*). Er charakteri-

\*) Hintz, E., und Grünhut, L., in Dietrich und Kaminer: Handbuch der Balneologie usw. Band 1. Leipzig 1916. Seite 134—385.

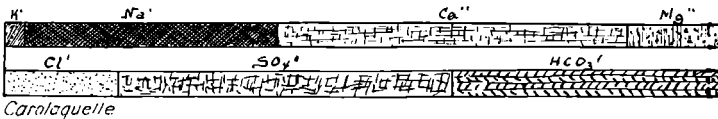
siert das Wasser ohne weiteres als Bitterwasser. Da nun außerdem Chlor-Ion in beachtlicher Menge auftritt, ist es in die Untergruppe der muriatischen Bitterwässer zu setzen. Bezüglich der weiteren Zuteilung ist wichtig, daß die Summe der Milli-Val der Alkalimetalle die des Chlor übertrifft, so daß die Salztabelle  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  zeigt. Da aber die Summe der Milli-Val von Chlor +  $\text{SO}_4$  ihrerseits wieder größer ist als das Äquivalent der Alkalimetalle, so tritt auch  $\text{CaSO}_4$ , und zwar in etwa gleicher Menge wie das  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  auf. Dieser letztere Umstand stellt das Enzberger Wasser auf die Grenze zwischen den salinischen und den sulfatischen Wässern. Es stellt also eine Übergangsform zwischen den muriatisch-salinischen und den muriatisch-sulfatischen Bitterwässern dar.

Sehen wir uns unter den bekannteren Mineralwässern nach einem ähnlich zusammengesetzten Wasser um, so zeigt sich, daß die Carolaquelle in Rappoltsweiler im Elsaß in überraschender Weise mit dem Enzberger Wasser übereinstimmt. Die nachstehende Figur gibt des besseren Vergleichs halber die Zusammensetzung beider Quellen in der dafür gebräuchlichen graphischen Darstellung wieder.

### Enzberg



### Carolaquelle



Die Übereinstimmung ist, wie leicht erkannt werden kann, außerordentlich weitgehend. Das Interessanteste daran ist aber, daß die Carolaquelle einen wesentlich anderen Ursprung hat als die Enzberger Quelle. Sie steigt nach van Werveke (Lit. 39) jedenfalls auf einer Spalte empor, die dem System der Vogesenrandspalten angehört, obgleich sie aus verkieselten Muschelkalkbänken zutage tritt. Es liegt die Vermutung nahe, daß der Salzgehalt, wie das auch für Dürkheim und Heidelberg wahrscheinlich ist (Salomon, Lit. 30, Röhrer, Lit. 28), dem Untergrund der Rheinebene entstammt. Bei Enzberg aber handelt es sich um das Tiefenwasser des Buntsandsteins; von

Salzlagern und größeren Störungen ist in der Nähe der Bohrung nichts bekannt. Auf weitere Unterschiede zwischen Enzberg und Rappoltsweiler soll indessen hier nicht eingegangen werden.

Bezüglich des Enzberger Wassers erhebt sich aber nunmehr auch die Frage nach der Herkunft der gelösten Stoffe. Angesichts der erheblichen Mengen Wasser, die oft zu Brauch- und Trinkzwecken dem Buntsandstein entnommen werden können und gerade hier im Enztal oberhalb der Bohrstelle zwischen Niefern und Pforzheim tatsächlich entnommen werden (etwa 500 l/sec.) und die hier einen geringen, oft sogar unbedeutenden Gehalt an gelösten Stoffen aufweisen, muß die Erbohrung dieses Mineralwassers besonders auffallen. Es führt uns diese Fragestellung auf das Problem des Auftretens von Mineralwässern im Buntsandstein überhaupt.

## II. Mineralwässer im Buntsandstein.

Die Armut der Buntsandsteinwässer an gelösten Stoffen galt vor noch nicht allzulanger Zeit als durchaus feststehende Tatsache. Noch im Jahre 1894 schrieben Jaquot und Wilm (Lit. 15 S. 18) über den Buntsandstein: „Cet étage ne joue donc aucun rôle dans la formation des eaux minérales.“ Inzwischen ist von van Werveke (Lit. 40) gezeigt worden, daß gerade für Lothringen, auf das sich jene Äußerung der beiden Franzosen besonders bezieht, und für Luxemburg diese Auffassung nicht zutrifft, sondern eine recht beträchtliche Anzahl von Mineralquellen dort im Buntsandstein erbohrt worden ist oder aus ihm zutage tritt.

Einige ältere Mitteilungen über Mineralwässer aus dem Buntsandstein sind indessen doch vorhanden. Ich gebe sie nachfolgend wieder, ohne aber irgendwie Vollständigkeit anstreben zu wollen.

F. X. Stocker (Lit. 34) erwähnt 1847 das Vorkommen von salzigem Wasser im Buntsandstein bei Weisbach nordöstlich von Mosbach. Von demselben Autor wird über einen Bohrversuch am Hühnerberg bei Haßmersheim am Neckar berichtet, der eine starke artesische Quelle erschlossen habe, deren Salzgehalt lediglich aus dem bunten Schieferletten (Röt) zu kommen schien (vgl. hierzu auch Honsell, Lit. 14). Auch wäre hier auf die bis zur Mitte der zwanziger Jahre des vorigen Jahrhunderts betriebene Saline Mosbach hinzuweisen, die nach einer Analyse von Dittrich im ganzen 13.7951 g gelöste Stoffe führendes Wasser verarbeitete. Ob ein von Steuer aus dem Zechstein von Eberbach beschriebenes Mineralwasser (Lit. 33), wie Honsell (1c) meint, auch aus dem Buntsandstein stammt, möge dahingestellt bleiben, da

Steuer selbst an eine Herkunft des Salzgehaltes aus dem Eruptionsherd des benachbarten Katzenbuckel denkt. Schließlich sei noch auf die von v. Ammon beobachteten Salzausblühungen an Buntsandsteinbohrkernen einer Bohrung bei Mellrichstadt (Lit. 1) und auf das gelegentliche Auftreten von Steinsalzpsedomorphosen, so z. B. im Bruggenwald bei Donaueschingen (Lit. 31), hingewiesen.

Von neueren Funden dieser Art sei die 1906 erbohrte Ludwigsburger Mineralquelle bei Hoheneck erwähnt (Bräuhäuser, Lit. 4), die zusammen mit einer neuen erfolgreichen Bohrung nach freundlichen Mitteilungen von Herrn Prof. Bräuhäuser, Herrn Prof. Gg. Wagner und Herrn Dr. Frank auf eine größere Verbreitung mineralisierter Wässer im Buntsandstein der Ludwigsburger Gegend hinweist. Von Interesse in diesem Zusammenhang sind auch die von Blank und Geilmann (Lit. 3) im Buntsandstein von Reinhausen südöstlich von Göttingen beobachteten Salzausscheidungen, die zu einem erheblichen Teil aus Kaliumsulfat bestehen. „Wir haben es hier sicherlich mit einer Wanderung der zum Teil aus dem Sandstein stammenden Mineralbestandteile unter Mithilfe der aus der überlagernden Rohhumusschicht zugewanderten organischen Substanzen zu tun.“ (S. 103.) Mit der Frage des Vorkommens von Salz im Buntsandstein und der damit zusammenhängenden Bildung von Mineralquellen hat sich auch Gg. Wagner in einer Studie über die deutschen Salzlager beschäftigt und auf einige Eigentümlichkeiten dieser Wässer hingewiesen (Lit. 36), von denen später noch mehrfach die Rede sein wird. Schließlich hat in allerletzter Zeit A. Wurm über Mineralquellen aus dem Buntsandstein von Nürnberg (Lit. 41) berichtet. Auch hier wird der Salzgehalt aus dem Gestein selbst abgeleitet. Zu diesen bereits bekannt gewordenen Wässern tritt nunmehr noch das von Enzberg.

Bei flüchtiger Beurteilung der Sachlage wird man geneigt sein, diese Mineralwässer entweder auf die höher gelegenen Salzlager des mittleren Muschelkalkes oder auf die tiefer liegenden des Zechsteines zurückzuführen. Für eine Anzahl nord- und mitteldeutscher Wässer wird die letztere Annahme ohne Zweifel auch zutreffen. Doch möge darauf hingewiesen werden, daß in der von mir gegebenen Aufzählung der Fundpunkte mit Ausnahme von Mellrichstadt und Reinhausen keine Orte erwähnt sind, an denen der Buntsandstein von salzführendem Zechstein unterlagert wird. Ich habe es mit Absicht unterlassen, Wässer aus solchen Gebieten heranzuziehen, obwohl mir recht gut bekannt ist, daß auch in Mittel- und Norddeutschland Mineralwässer im Buntsandstein vorkommen, wie z. B. der Gesundbrunnen und die Schwesternquelle in Bibra im Regierungsbezirk Merseburg. Ich habe



aber diese Vorkommen deshalb ausgeschaltet, weil ich Mineralquellen haben wollte, deren Salzgehalt eine Ableitungsmöglichkeit aus nur einer, höchstens zwei Ursprungsstellen zuließ. Dieser Forderung genügen alle bis jetzt erwähnten Mineralwasservorkommen. Die nächsten Fundpunkte von Zechsteinsalz liegen in so erheblicher Entfernung, daß an horizontale Wanderung der Salzlösungen nicht gedacht werden kann. Für eine Anzahl von ihnen könnte man eher noch an die Salzlager im Untergrund des Oberrheingrabens denken, und für einige Quellen an seinem Rande — Heidelberg, Dürkheim, Rappoltsweiler, Niederbronn — trifft das auch sicher zu. Die von uns betrachteten Wässer scheiden indessen auch für diesen Erklärungsversuch aus, auch wieder wegen der zum Teil sehr großen Entfernungen (Nürnberg). Auch spricht das gänzlich jeder regelmäßigen geographischen Anordnung entbehrende Auftreten dieser Wässer gegen diesen Ursprungsort der Lösungen. Würde ein Eintreten von Salzlösungen aus dem Rheingraben in größerem Umfange in die Randgebiete stattfinden, so müßten sich die Mineralwasserfundpunkte mit der Annäherung an die Grabenränder häufen. Davon ist bis jetzt aber noch nichts bekannt geworden. Es könnten aber auch solche Lösungen längs Verwerfungen einwandern. Diese Möglichkeit soll nicht bestritten werden, und für die Nahetalbäder hat W. Wagner (Lit. 37 und 38) diesen Weg auch angenommen; für unsere Quellen scheidet aber auch diese Annahme aus, da die Spalten fehlen, längs deren eine Wanderung nach unseren Fundpunkten hin stattfinden könnte.

Nicht so günstig liegen indessen die Fundstellen unserer Buntsandsteinwässer zu den Verbreitungsgebieten des mittleren Muschelkalkes. Sehr häufig wird der Buntsandstein an der Bohrstelle selbst vom Muschelkalk überlagert oder er steht in nicht allzu großer Entfernung an. Die Möglichkeit einer Abstammung der Lösungen aus dieser Formation, insbesondere der Anhydritgruppe, muß also schärfer ins Auge gefaßt werden.

Hier hilft nun eine vergleichende Untersuchung des chemischen Befundes ein gutes Stück weiter. In der nachfolgenden Tabelle gebe ich zunächst einige Daten über die Zusammensetzung von Buntsandsteinwässern der beschriebenen Art, meist der bereits erwähnten Quellen.

Zu den Zahlen der Tabelle ist zu bemerken: Die erste Spalte hinter den Namen der Quellen gibt die Gesamtkonzentration der gelösten festen Stoffe für ein Kilogramm Mineralwasser; Gase sind nicht berücksichtigt. Es handelt sich bei letzteren fast ausschließlich um Kohlensäure, die, sei sie vadosen, sei sie juvenilen Ursprungs, mit dem

primären Salzgehalt der ausgelaugten Schichten (Buntsandstein) außerordentlich wenig zu tun hat. Die nächsten vier Spalten geben die Konzentration für Na, K, Cl und SO<sub>4</sub>'' pro Kilogramm Mineralwasser. Die dann folgenden vier Spalten enthalten für dieselben vier Ionen die prozentuale Beteiligung an der Gesamtmenge der gelösten Stoffe (also der Angaben der ersten Spalte). Sie zeigen deshalb besser als die anderen Zahlenreihen die Bedeutung der vier Ionen für die Zusammensetzung der gelösten Salze. Welche Gründe für ihre Auswahl maßgebend waren, geht aus den folgenden Ausführungen hervor.

Tabelle 1.

Quelle	1000 g Wasser enthalt. g gelöste Stoffe	1000 g Wasser enthalten				100 g der gelösten Stoffe enthalten			
		g Na	g K	g Cl	g SO <sub>4</sub> ''	g Na	g K	g Cl	g SO <sub>4</sub>
Enzberg	2.0781	0.1883	0.1132	0.1775	0.6840	9.061	5.447	8.541	32.915
Mosbach	13.7951	4.7656	0.0055	6.4088	2.1569	34.545	0.040	46.458	15.635
Nürnberg	10.207	2.3227	0.1941	3.7690	2.2890	18.631	1.902	36.926	22.426
Niederkontz (Elsaß)	13.147	3.197	0.191	7.368	0.5470	24.317	1.453	56.042	41.606
Hoheneck	20.3905	6.4471	0.0801	7.6341	4.1242	31.619	0.393	37.438	20.226

Die errechneten Zahlen lassen zunächst nur eine erhebliche Ungleichmäßigkeit in der Zusammensetzung der gelösten Stoffe erkennen. Vor allem weicht das Enzberger Wasser in seiner Zusammensetzung sehr stark von den anderen Wässern ab. Besonders fällt der hohe Gehalt an Kalium und Schwefelsäure auf. Näher eingegangen kann auf diese Verhältnisse aber erst werden, wenn die Muschelkalkwasser zum Vergleich in derselben Weise berechnet vorliegen. Außerordentlich interessant ist in diesem Zusammenhang, daß die schon erwähnten, von Blank und Geilmann untersuchten Salzausblühungen des Buntsandsteins von Reinhausen bei Göttingen dieselben Eigenschaften in noch viel höherem Grade als die Mineralwässer zeigen. Sie fanden nämlich für 100 g wasserlösliche Salze folgende Zahlen:

	Na	K	Cl	SO <sub>4</sub>
Ausgeblühtes Salz, sandfrei.	0.989	41.014	0.043	35.630
Wasserauszug des Sandsteins hinter der Wabe*)	6.139	34 268	11.170	19.545
Wasserauszug des Sandsteins an der Rückwand der Höhlung mit den Waben*)	6.540	18.749	4.690	43.842

Also auch hier dieselben Verhältnisse.

Die nachfolgende Tabelle 2 enthält ausschließlich Mineralwässer des Muschelkalkes, die in dieser Weise berechnet sind.

Tabelle 2.

Quelle	1000 g Wasser enthalt. g gelöste Stoffe	1000 g Wasser enthalten				100 g gelöste Stoffe enthalten			
		g Na	g K	g Cl	g SO <sub>4</sub> ''	g Na	g K	g Cl	g SO <sub>4</sub>
Schwäb. Hall (Quelle)	33.29	11.42	0	17.69	2.92	34.305	0	53.140	8.771
Rappenau	261.9	101.4	0.6537	157.3	1.284	38.717	0.2496	60.060	0.4902
Reichenhall	234.2	89.5	0.2523	137.8	4.896	39.919	0.1125	61.463	2.1838
Rilchingen	12.418	3.281	0.0158	5.740	1.563	26.422	0.1276	46.223	12.578
Jagstfeld	264.0	102.1	0	157.0	3.291	38.675	0	59.470	1.2466
Dürrheim	262.3	100.6	0.8261	155.8	3.194	38.353	0.3149	59.397	1.2177
Louisenhall	227.1	87.04	0	134.0	2.92	38.326	0	59.004	1.286
Boll (Baden)	3.532	0.530	0	0.815	1.280	15.006	0	23.075	36.240
Grenzach	7.452	1.801	0.0089	1.362	3.009	24.168	0.1195	18.277	40.378

Beim Vergleich der beiden Tabellen tritt der Unterschied der beiden Gruppen von Mineralwässern mit größter Deutlichkeit hervor. Während die Zahlen für Natrium (Enzberg ausgenommen) in beiden Tabellen sich in ähnlichen Werten bewegen, sind die Zahlen für Kalium in der Buntsandsteintabelle mit Ausnahme von Mosbach höher, zum Teil sogar wesentlich höher als die in der Tabelle für die Muschelkalkwässer.

\*) Die ausblühenden Salze fanden sich in einer Wabe an der Decke einer Höhlung eines Buntsandsteinfelsens, der Verwitterungsformen zeigt, die denen gleichen, die Häberle (Lit. 12, 13) von verschiedenen Stellen der Rheinpfalz beschrieben hat.

Ähnlich, wenn auch nicht mit so großer Schärfe, tritt der höhere Schwefelsäuregehalt der Buntsandsteinwässer in Erscheinung. Nur zwei der Muschelkalkwässer (Boll und Grenzach) zeigen Werte, die denen der Buntsandsteinwässer gleichkommen. Dagegen liegen die Cl'-Werte wieder im allgemeinen bei den Muschelkalkwässern höher als bei den Buntsandsteinwässern. Diese Verhältnisse hat auch schon Gg. Wagner (l. c.) erkannt.

Daraus folgt aber, daß die im Buntsandstein erbohrten oder aus ihm zutage tretenden Lösungen ihren Ursprungsort nicht in den Salzlagern des mittleren Muschelkalkes haben können, sondern daß sie im Buntsandstein selbst zu Hause sein müssen. An Ähnliches hat sicher auch van Werveke (Lit. 40 S. 37) gedacht, als er schrieb: „Die rote Färbung des Vogesensandsteins und das Fehlen von Versteinerungen haben eine Reihe von Forschern zu der Annahme geführt, daß er das Ergebnis einer Wüstenbildung sei. Demgegenüber steht die Annahme anderer, zu denen auch ich mich bekenne, daß der Buntsandstein in einer ausgedehnten flachen See niedergeschlagen worden sei. Welcher Ansicht man sich auch anschließt, in beiden Fällen muß man zugeben, daß der Buntsandstein eine ursprünglich gips- und salzhaltige Bildung gewesen sein kann.“ Zu der Nürnberger Tiefbohrung schreibt Wurm (l. c.): „Was die Mineralführung anbelangt, so entstammt sie meiner Meinung nach in der Hauptsache den Schichten, aus denen die Quellen entspringen. Für den unteren Gipskeuper ist das ja ohne weiteres verständlich. Aber auch der Buntsandstein führt, wie die Poppenreuther Bohrung zeigt, reichlich Gips und wohl auch Salz.“

Damit ist nun wohl die Herkunft der Lösungen festgestellt; es bleibt noch ihr Unterschied gegen die Muschelkalkwässer zu erklären. Von entscheidender Bedeutung ist hier der höhere Kaligehalt der Buntsandsteinwässer. Über die Bildung der Salzlager des Muschelkalkes besteht heute wohl kaum noch ein Zweifel. Aus dem Fehlen der Kalisalze wird gewöhnlich geschlossen, daß die Meeresteile, in denen sich ihre Bildung vollzog, niemals völlig vom Hauptbecken abgeschlossen waren, oder mit anderen Worten, es kam niemals zur Bildung von Reliktseen im Sinne Credners (Lit. 6). Man beachte in diesem Zusammenhange, daß manche der Mineralwässer aus dem Muschelkalk überhaupt kein Kalium enthalten (siehe Tabelle 2).

Man hat schon lange daraus erkannt, daß das Kalium ein ausgezeichneter Gradmesser für die bei Bildung der Salzlager erfolgte Konzentration der Lösungen ist. Es ist darin der Schwefelsäure weit überlegen, da die vor und während der Chlornatriumausscheidung erfolgende Gipsbildung das Bild weitgehend trübt. Der höhere, zum Teil sehr

hohe Kaliegehalt der Buntsandsteinwässer deutet also auf eine viel weiter gehende Eindampfung der Lösungen, als im Muschelkalk stattgefunden hat.

Die so gewonnenen Schlüsse begegnen sich also hier mit Anschauungen über die Bildung des Buntsandsteins, die auf ganz anderen Wegen zustande kamen. Nach Strigel (Lit. 35) war das süddeutsche Buntsandsteinbecken eine nach drei Seiten geschlossene und nur nach NO hin offene, einem größeren Becken vorgelagerte flache Wanne, die den von den Randgebieten her in riesigen Schuttkegeln anfallenden Abtragungsschutt aufnahm. In der von SW nach NO verlaufenden Tiefenlinie mündeten diese Transportwege zusammen und ihr entlang wurde das Sandmaterial dem im NO vorgelagerten Hauptbecken zugeführt. Als Transportmittel nimmt Strigel fließendes Wasser an, also Flüsse, sei es mit dauernder, sei es mit vorübergehender Wasserführung, während dem Wind nur eine sekundäre Rolle zugeteilt wird. Von dem Hauptbecken im NO, das schon früh vorübergehend oder dauernd von stehenden Gewässern erfüllt war und mit dem Meere im O häufiger in Verbindung stand, erfolgten in das süddeutsche Becken Vorstöße, die indessen erst im oberen Hauptbuntsandstein einsetzten und sich insbesondere im oberen Buntsandstein mehrfach wiederholten, bis am Ende der Rötzeit die allgemeine Überflutung durch das Muschelkalkmeer einsetzte. Das Klima war im ganzen periodisch trocken. „Steinsalzpseudomorphosen und Gipsresiduen zeigen den Salzgehalt der Binnengewässer an, der übrigens nicht notwendig marinen Ursprungs sein muß.“ (l. c. S. 436.)

Die in dem letzten Satze offengelassene Bildungsmöglichkeit der Buntsandsteinsalze des südwestdeutschen Beckens scheint mir auf Grund der Mineralwasseranalysen lösbar zu sein.

Schon Forchhammer (Lit. 8) hat 1865 nachgewiesen, daß die Zusammensetzung der im Meerwasser gelösten Salze auffallend gleichmäßig ist. Später hat dann W. Dittmar (Lit. 24) dieses Ergebnis aus den Proben der Challenger-Expedition bestätigt. Er hat 77 vollständige Analysen von Wasser aus fast allen Teilen und Tiefen des Weltmeeres ausgeführt und daraus folgendes Ergebnis abgeleitet:

Cl	55.292	CaO	1.676
Br	0.188	MgO	6.209
SO <sub>3</sub>	6.410	K <sub>2</sub> O	1.332
Co <sub>2</sub>	0.152	Na <sub>2</sub> O	41.234
			100.000

Ich habe diese Tabelle auf die bei Mineralwasseranalysen übliche Ionenform umgerechnet. Da dabei für  $\text{SO}_3$   $\text{SO}_4''$  und für  $\text{CO}_2$   $\text{HCO}_3'$  eintreten mußte und der Sauerstoff der Metalloxyde wegfiel, trat eine unbedeutende Verschiebung der Werte ein. Bei Annahme vollständiger Dissoziation würden dann 100 g der im Meerwasser gelösten Salze ergeben:

Kationen:		Anionen:	
K·	1.106	Cl'	55.269
Na·	30.596	Br'	0.188
Ca··	1.197	$\text{SO}_4''$	7.687
Mg··	3.746	$\text{HCO}_3'$	0.211
	36.645		63.355
	Summe der Kationen:		36.645
			100.000

Daraus ergibt sich, daß eine durch vollständiges Verdunsten von Meerwasser entstehende Salzablagerung im ganzen höchstens 1,106 % Kalium enthalten kann, da mehr von diesem Metall nicht vorhanden ist. Meist wird indessen dieser Prozentsatz aber gar nicht erreicht werden, besonders dann nicht, wenn der Rückfluß eines Unterstromes aus dem Bildungsbecken des Salzlagers in das Hauptbecken und damit die Entfernung der leichtlöslichen Salze möglich war. Dieser Fall dürfte bei der Bildung der Salzlager des Muschelkalkes vorgelegen haben. Der höhere Kaligehalt der Buntsandsteinwässer weist also mit großer Deutlichkeit darauf hin, daß der Salzgehalt dieser Schichten nicht oder wenigstens nicht allein auf verdunstetes Meerwasser zurückgeführt werden kann.

Eine weitere Vergleichsmöglichkeit gestatten die abflußlosen Seen der Gegenwart. Neben dem höheren Kaligehalt der Buntsandsteinwässer ist beim Vergleich mit den Muschelkalkwässern auch der ebenfalls erheblich höhere Gehalt an Schwefelsäure aufgefallen. Noch mehr fällt das beim Vergleich mit den Dittmarschen Durchschnittszahlen auf. Hier im Meerwasser 7,66 %  $\text{SO}_4''$ ; bei den Buntsandsteinwässern ist der kleinste Wert (Mosbach) mit 15.635 mehr als doppelt so groß.

In der nachfolgenden Tabelle habe ich eine größere Anzahl Analysen von Wässern abflußloser Seen zusammengestellt, nachdem sie in der bisher angewandten Art umgerechnet worden sind.

Tabelle 3.

Ortsangabe	1000 g Wasser enthalten g gelöste Stoffe	1000 g Wasser enthalten				100 g der gelösten Stoffe enthalten			
		g Na'	g K'	g Cl'	g SO <sub>4</sub> ''	g Na	g K	g Cl	g SO <sub>4</sub>
I. Kaspi-See:									
Tjuk-Karagan (Mehner)	13.8154	3.5260	0.342	5.7341	2.9957	25.523	2.472	41.507	21.685
Südbecken i. Mittel (C. Schmidt)	12.9427	3.1978	0.0792	5.4390	3.0964	24.707	0.546	42.023	24.481
Kaidack	56.279	15.5216	0.5852	23.9268	12.2111	27.581	0.1417	42.516	21.700
Kaspi im Mittel	12.9772	3.1974	0.0703	5.4405	3.0328	24.640	0.5417	41.925	23.370
Karabugas	284.996	32.810	5.223	151.951	49.548	11.512	1.833	53.316	17.385
II. Salzseen der Krim.									
Roter See bei Perekop . . .	300.10	71.2968	1.7483	199.930	—	23.790	0.595	65.137	—
Tusly (Saki) bei Kosloff . . .	271.0	71.3928	3.2538	155.401	20.675	26.344	1.201	57.343	7.629
Saki . . .	223.73	59.3758	2.9389	116.334	17.143	26.539	1.314	51.995	7.662
Tschokrak bei Kertsch . . .	140.79	26.279	0.6298	74.705	20.707	18.666	0.447	53.061	14.708
III. Totes Meer.									
Nähe der Jordan- mündung*).	24.182	—	4.210	—	—	—	17.408	—	—
NW-Ende . . .	205.789	22.400	3.547	126.521	0.5922	10.885	1.724	61.480	0.288
Am Ras Dale*)	27.078	0.885	0.474	17.628	0.2424	3.268	1.750	65.100	0.895
5 Meilen östlich Wadi Mrabba	204.311	13.113	3.520	145.543	0.4344	6.418	1.763	71.235	0.213
dto.	278.135	14.300	4.386	174.985	0.6275	5.141	1.577	62.914	0.225
dto.	273.572	—	4.3591	—	—	—	1.593	—	—
dto.	274.643	—	4.9345	—	—	—	1.797	—	—
Beim Ras Mersed .	260.994	24.786	2.421	165.443	0.5363	9.497	0.928	63.390	0.205
Nähe Djebel Usdom	209.154	—	3.5960	—	—	—	1.719	—	—
Mündung des Wadi Mojele . . .	146.336	—	3.2174	—	—	—	2.199	—	—
2 Meilen östlich von Ain-Ghwier.	276.989	—	4.9685	—	—	—	1.794	—	—
IV. Aralsee.									
Mitte des Sees	10.9089	2.4562	0.0585	3.8335	3.3362	22.516	0.536	35.142	30.583
V. Kukunor in Tibet									
	11.1463	3.2777	0.1159	4.2889	1.9085	29.407	1.038	38.479	17.123
VI. Bahr el Assal (Somaliland)									
	324	96.14	9.97	192.64	10.19	29.672	3.077	59.457	3.145
VII. Great Salt- Lake (Utah)									
	149.078	49.7636	2.4033	82.9886	9.8579	33.381	1.615	55.668	6.613

\*) An der Oberfläche entnommen.

Die Beispiele ließen sich aus der Literatur beliebig vermehren. Ich verweise auf J. Roths „Allgemeine Chemische Geologie“ (Lit. 29), in der noch erheblich mehr Angaben über Wässer aus abflußlosen Gebieten zu finden sind. Auch verweise ich auf eine Arbeit Bergsträbers (Lit. 2) über die Salzseen des Gouvernements Astrachan und der Wolgamündung. Allerdings mögen die dort mitgeteilten, zum Teil außerordentlich hohen Zahlen für Schwefelsäure — der Birutschki enthält in seinen Salzen z. B. 40,36%  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  und 14,44%  $\text{MgSO}_4$ , das sind 38,79%  $\text{SO}_4$  —, wie das Bergsträber annimmt, daher kommen, daß ein Teil dieser Seen auf Kochsalz und Soda bearbeitet wird, so daß die Entfernung dieser Stoffe, insbesondere des  $\text{NaCl}$ , eine relative Anreicherung der nicht gewonnenen Salze herbeiführt. Ich möchte deshalb diese Zahlen nicht als völlig einwandfreies Material zur Unterstützung meiner Schlüsse betrachten, obwohl der Aralsee an die mitgeteilte Maximalzahl herankommt. Angaben über einen etwaigen Kaliumgehalt finden sich bei Bergsträber leider nicht; in den oft recht beträchtlichen Mengen verunreinigender Substanz (in einem Falle 3,60%) mag oft genug dieses Metall stecken.

Außerordentlich interessant ist außerdem, daß vom offenen Ozean nicht völlig abgeschnittene Meeresteile, die aber unter starkem kontinentalem Einfluß stehen, ebenfalls eine Anreicherung des Kaliums und der Schwefelsäure zeigen können. Als Beispiel führe ich die nachfolgenden Zahlen an, die einer Analyse von Robinet und Lefort (Lit. 26) entnommen bzw. daraus errechnet sind und die Werte für Wasser des Roten Meeres darstellen, das vor dem Durchstich des Suezkanals bei Suez geschöpft worden war:

1000 g Wasser enthielten:

gelöste Stoffe im ganzen:	41.81435 g
Davon sind: Natrium	11.953
Kalium	1.511
Chlor	22.738
$\text{SO}_4$	3.803

Auf 100 g gelöste Substanz umgerechnet:

Natrium	28.593
Kalium	3.614
Chlor	54.391
$\text{SO}_4$	9.096.

Doch nun noch einige Worte zu der Tabelle 3. Wie bei den Wässern aus dem Buntsandstein tritt auch hier eine starke Streuung der Werte auf, die diese Wässer sofort vom Meerwasser unterscheidet. F. v. Richthofen (Lit. 25) hat auf diese Schwankungen im Gegensatz zu der



gleichmäßigen und gleichartigen Salzföhrung des Meerwassers schon 1904 hingewiesen und als Hauptursache dieses Unterschiedes die wechselnden Verhältnisse der Einzugsgebiete erklärt. Außerdem nahm er einen primären, nicht dem Festland entstammenden Salzgehalt des Meeres an.

Was nun den Kaliumgehalt angeht, so stimmen die hier mitgeteilten Werte mit denen der Buntsandsteinwässer gut überein. Die eine stark aus der Reihe fallende Zahl für eine Probe von Oberflächenwasser aus dem Toten Meer ist auf ihre Zuverlässigkeit heute nicht mehr zu prüfen. Da aber andere von demselben Analytiker (Terreil bei Lartet, Lit. 20) ermittelten Zahlen sich gut einpassen, bestehen, wenigstens gegen die Ausführung der Analyse, keine Bedenken.

Bei den Zahlen für Schwefelsäure fällt auf, daß das Tote Meer nur sehr geringe Werte zeigt, dagegen haben die anderen Binnenseen einen Schwefelsäuregehalt, der außerordentlich gut zu dem der Buntsandsteinwässer paßt.

Zusammenfassend können wir sagen, daß also auch die Wässer der abflußlosen Seen, genau so wie die Mineralwässer des Buntsandsteins, dem Meerwasser gegenüber mehrfach einen höheren Kaliumgehalt und meist auch einen viel beträchtlicheren Schwefelsäuregehalt zeigen.

Und nun noch eine kurze Betrachtung der Zusammensetzung der Salzausscheidungen in Trockengebieten. In seinem Werk über die Wüste Atacama schreibt Philippi (Lit. 23 S. 94) über einen Rastplatz bei Chaco: „Der ganze Talboden ist dermaßen mit weißen Salzeffloreszenzen bedeckt, daß er von oben wie beschneit aussieht. Dieses Salz ist von Herrn Domeyko analysiert worden und besteht aus:

Chlornatrium	0.073
Natriumsulfat	0.352
Calciumsulfat	0.189
Magnesiumsulfat	0.161
Eisensulfat	0.018
Aluminiumsulfat	0.011
Wasser	0.150
unlöslichem Rückstand	0.038
	<hr/>
	0.992.

Herr Field hat auch ein weißes Salz analysiert, welches die Oberfläche der Erde in der Wüste Atacama (wo?) bedeckt, und folgende Zusammensetzung gefunden:

Natriumsulfat	41.77
Calciumsulfat	16.32
Magnesiumsulfat	13.75
Chlornatrium	15.60
Wasser	12.30.

Leider scheint auch hier, wie so oft bei solchen Analysen, nicht auf Kalium untersucht worden zu sein.

Dann finden wir in Erich Kaisers großem Werk über die Diamantenwüste Südwestafrikas (Lit. 16) im Band 2 Seite 303 folgende Angaben über eine von Dr. Lotz gesammelte Salzkruste von der Fläche zwischen Douglas-Bucht und Groß-Anichab, nördlich Lüderitzbucht. „Sie zeigte einen aus viel  $\text{SiO}_2$  mit wenig  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  und  $\text{Al}_2\text{O}_3$  bestehenden, in Wasser unlöslichen Rückstand von 54,7%. In Wasser löslich waren, bezogen auf Gesamtsubstanz, 2,3%  $\text{SO}_3$ , 1,7%  $\text{CaO}$ , 0,15%  $\text{MgO}$ , ferner viel  $\text{NaCl}$  und  $\text{KCl}$ .“ Auf Seite 307 wird erzählt, daß Gipsausscheidungen in der südlichen Namib häufiger auftreten und hier durch lokale Ursachen, wie kieshaltige Monchiquitgänge usw., verursacht seien.

Es liegen hier in der Namib, wie es scheint, bezüglich des Auftretens der Salze ähnliche Verhältnisse vor, wie sie Le Chatelier (Lit. 5) aus den Schotts Algeriens beschreibt und auf die sogleich noch einmal zurückzukommen sein wird.

Das aus der chemischen Zusammensetzung der Mineralwässer des Buntsandsteins zu erschließende Bild von den Verhältnissen des süddeutschen Buntsandsteinbeckens während der Bildung dieses Gesteins paßt sich also vorzüglich in die auf ganz anderem Wege gewonnenen Ergebnisse ein. Die von Strigel offen gelassene Frage der Herkunft der Salze (cf. S. 27) kann dahin beantwortet werden, daß der Salzgehalt vorwiegend terrestrischer Abstammung ist. Es mögen, ähnlich wie die Seen der Kaspiumrandung und der Krim, die Becken, in denen die salzreichen Wässer sich sammelten, echte Reliktseen der Meeresvorstöße in das süddeutsche Becken gewesen sein, aber ebenso wie bei den eben angezogenen Beispielen wandelten später die Zuflüsse aus dem Hinterland den chemischen Charakter der Lösungen. *Mutatis mutandis* mag für das süddeutsche Buntsandsteinbecken die Schilderung gelten, die Le Chatelier (l. c.) von den Schotts Algeriens gibt.

„Les chotts algériens sont alignés au fond d'une large vallée orientée de l'ouest à l'est. Son flanc nord vient buter contre le pied des monts Aurès, par les gorges desquels il se précipite, pendant la saison des pluies, de nombreux torrents. Le sol est formé par un sable ou grès gypseux extrêmement perméable. Il existe, à une faible profondeur

une nappe d'eau alimentée par des nappes artésiennes inférieures qui descendent des hauts plateaux de la montagne. Dans les parties les plus déprimées, le sol se rapproche assez du niveau de l'eau pour que celle-ci puisse s'élever par capillarité jusqu'à la surface et y entretenir une humidité constante, donnant ainsi naissance à des vastes marais salés connus sous le nom de chotts.

La croûte de sel qui les couvre présente un aspect variable d'un point à l'autre. Dans les parties les plus humides, le sel est généralement bien blanc; son épaisseur ne dépasse pas quelques millimètres, et il est presque exclusivement formé de chlorure de sodium. Ailleurs le sol est couvert d'une croûte dure, hérissée au dehors, boursoufflée au dedans, qui se brise sous les pieds en craquant. L'humidité en ces points se tient à quelques centimètres de profondeur; l'évaporation se fait dans l'intérieur du sol, et le sel en y cristallisant le gonfle et le durcit. Enfin, dans les parties les plus sèches où l'humidité reste trop éloignée de la surface, la croûte boursoufflée tombe en poussière et forme des mamelons d'une terre grise et poreuse ayant tout l'aspect de la cendre. Souvent les pieds y font lever des nuages d'une matière pulvérulente, blanche et légère comme de la farine. C'est du sulfate de soude effleuré que l'on trouve mêlé dans ces terres au chlorure de sodium.

Les croûtes de différents chotts qui ont été examinés ont donné, outre du chlorure de sodium, du sulfate de soude en quantités, qui ont varié de zéro à 63 pour 100. La partie terreuse à laquelle la substance saline adhère est un sable quartzéux, mélangé de carbonate et de sulfate de chaux dans des proportions qui varient également.

Les lacs à natron d'Égypte, comme les chotts, sont alignés au fond d'une large vallée sableuse. Des eaux suintant à travers les terrains viennent se réunir dans la partie la plus déprimée et s'y évaporer. La profondeur de l'eau dans les lacs ne dépasse pas un demi-mètre. Dans la saison chaude, il sont souvent en sec. L'épaisseur des croûtes salines qui s'y forment peut atteindre 1 décimètre et plus.“

Die von Le Chatelier erwähnten Überflutungen des Gebietes durch Wassermassen, die aus den Schluchten der Randgebirge während der Regenzeit hervorbrechen, würden auch jene von mir (Lit. 27) früher schon beschriebenen Luftblasenröhren entstehen lassen können, eine Bildungsweise, die ich schon damals neben anderen ins Auge gefaßt hatte.

Schließlich sei noch darauf hingewiesen, daß auch Frentzen (Lit. 9) auf Grund der Buntsandsteinflora zu ähnlichen paläogeographischen Vorstellungen kommt. „Eine solche bis weit in den südlichen Schwarzwald reichende, weite, salzige Sand- und Schlammebene mag Wüstencharakter bis zu gewissem Grade besessen haben.“

## Zusammenfassung.

I. Im Enztal an der badisch-württembergischen Grenze bei Enzberg wurde bei einer Bohrung auf Trinkwasser eine Mineralquelle an der Grenze des Hauptkonglomerats gegen den mittleren Hauptbuntsandstein erbohrt, die 2,07813 g gelöste Substanz im Liter enthält und ihrer chemischen Zusammensetzung nach eine Übergangsform von den sulfatisch-muriatischen zu den salinisch-muriatischen Bitterwässern darstellt. Sie besitzt bei 6,5 m Absenkung eine Ergiebigkeit von 10 Liter pro Sek.; ihre Temperatur beträgt 13,5° C. Sie hat große Ähnlichkeit mit der Rappoltsweiler Carolaquelle, die aber wesentlich anderen Ursprungs ist.

II. Durch Vergleich von Mineralwässern aus dem Buntsandstein mit solchen aus dem Muschelkalk wird gezeigt, daß die Salzlager des letzteren nicht als Ursprungsort für den Salzgehalt der Buntsandsteinwässer in Frage kommen. Diese zeigen im allgemeinen einen höheren Gehalt an Kalium und Schwefelsäure, während Natrium und Chlor zurücktritt. Salzführender Zechstein fehlt nicht nur an den Beobachtungspunkten unter dem Buntsandstein, sondern ist auch weit entfernt und kommt deshalb als Erklärung nicht in Frage. Ebenso scheidet das Tertiär des Rheintalgrabens aus.

III. Die in den Buntsandsteinwässern gelösten Salze zeigen große Ähnlichkeit mit denen im Wasser der abflußlosen Seen. Es muß deshalb angenommen werden, daß sie auch terrestrischer Herkunft sind. Auch die Salzausscheidungen in Trockengebieten sind chemisch ähnlich.

IV. Diese Ergebnisse unterstützen die auf anderen Wegen gewonnenen Anschauungen von der im wesentlichen terrestrischen Bildungsweise des süddeutschen Buntsandsteins. Zum Vergleich werden vor allem die Verhältnisse der algerischen Schotts herangezogen.

# Literaturverzeichnis.

1. Ammon, L. v.: Über eine Tiefbohrung durch den Buntsandstein und die Zechsteinschichten bei Mellrichstadt a. d. Rhön. Geognost. Jahreshefte. 13. Jahrgang. 1900. Seite 149—193.
2. Bergsträßer: Die Salzseen des Gouvernements Astrachan und der Wolgamündung. Petermanns Mitteilungen. 1858. Band 97. Seite 93—105.
3. Blank, E., und Geilmann, W.: Chemische Untersuchungen über Verwitterungserscheinungen im Buntsandstein, insbesondere über die Natur der im Gestein wandernden Lösungen und deren Ausscheidungen. Tharandter forstliches Jahrbuch, Band 75. 1924. Heft 3.
4. Bräuhäuser, M.: Die Bodenschätze Württembergs. Stuttgart 1912.
5. Chatelier, Le, H.: Sur les sels des chotts algériens. Compt. rendus. Band 84. 1877. Seite 397.
6. Credner, R.: Die Reliktseen. Petermanns Mitteilungen. Ergänzungsheft 86 und 89. Gotha 1887 und 1888.
7. Dégoutin: Description d'un gisement de sel actuellement en formation etc. Annales des mines, Band 2. 1922. Seite 5—54.  
(cf. Fulda, dieses Verzeichnis Nr. 10.)
8. Forchhammer, G.: On the composition of sea-water in the different parts of the Ocean. Philos. Transact. Band 155. 1865. Seite 203—262.
9. Frentzen, K.: Die Flora des Buntsandsteins Badens. Mitteilungen der Bad. Geolog. Landesanstalt. Band 8. 1914. Seite 150.
10. Fulda, E.: Der Assalsee im Somaliland und seine Bedeutung für die Erklärung der Entstehung mächtiger Salzlager. Zeitschrift der Deutschen Geolog. Gesellschaft. Band 79. 1927. Monatsber. Seite 70—75.
11. Göbel, F.: Reise in die Steppen des südlichen Rußland. Zwei Bände. Dorpat 1838.
12. Häberle, D.: Über Kleinformen der Verwitterung im Hauptbuntsandstein des Pfälzerwaldes und deren Entstehung. Verhandlungen des Naturhist.-Medizin. Vereins zu Heidelberg. Band 11. 1911. Seite 167—209.
13. — Die gitter-, netz- und wabenförmige Verwitterung der Sandsteine. Geolog. Rundschau, Band 6, 1915, Seite 264—285.
14. Honsell, H.: Die ehemalige Saline Mosbach und deren Solquellen. Verhandl. des Naturwiss. Vereins zu Karlsruhe. Band 23. 1910. Seite 3—15.
15. Jacquot, E., und Willm: Les eaux minérales de la France. Paris 1894.
16. Kaiser, E.: Die Diamantwüste Südwestafrikas. Zwei Bände. Berlin 1926.
17. King, Cl.: Report of the geological exploration of the 40th parallel. Band 2. Washington 1877. Seite 432.
18. Koch, C.: Die Trias am badischen Neckar. Beiträge zur mineral. und geognost. Kenntnis des Großherzogtums Baden, herausgeg. von G. Leonhard. 2. Heft. Stuttgart 1853. Seite 1—20.
19. — Über den technischen Werth der Gesteine des badischen Neckartales usw. Ebenda Heft 3. Stuttgart 1854. Seite 74—96.
20. Lartet, L.: Recherches sur les variations de salure de l'eau de la mer morte etc. Bull. de la soc. géol. de France. 2e sér. Band 23. 1865—1866. Seite 719—760.
21. Leonhard, G.: Beiträge zur mineral. und geognost. Kenntnis des Großherzogtums Baden. Heft 3. Stuttgart 1854. Seite 128.
22. Merz, A.: Das Meerwasser. Handbuch der Balneologie usw., herausgeg. von Dietrich und Kaminer. Band 1. 1916. Seite 386—422.
23. Philippi, R. A.: Reise durch die Wüste Atacama. Halle 1860.
24. Report on the scientific results of the voyage of H. M. S. Challenger Physics and Chemistry. Vol. I. 1884. Seite 203—204.
25. Richthofen, F. v.: Das Meer und die Kunde vom Meer. Berlin 1904.

26. Robinet und Lefort, J.: Analyse de l'eau de la mer rouge. Compt. rendus. Band 62. 1866. Seite 436.
27. Röhrer, F.: Fossile Luftblasen im Buntsandstein. Zentralblatt für Min. 1925. Seite 418.
28. — Zur Hydrogeologie der Quellen von Bad Dürkheim. Zeitschrift für wissenschaftliche Bäderkunde. 4. Jahrg. Hft. 3. Dez. 1929.
29. Roth, J.: Allgemeine und chemische Geologie. Band 1. Berlin 1879.
30. Salomon, W.: Die Erbohrung der Heidelberger Radium-Sol-Therme und ihre geologischen Verhältnisse. Abhandlungen der Heidelberger Akademie d. Wiss. 14. Abhandlung. 1927.
31. Schalch, F.: Erläuterungen zu Blatt Donaueschingen der Geologischen Spezialkarte von Baden. 1904.
32. Schmidt, C.: Hydrologische Untersuchungen. Bull. de l'acad. imp. d. sciences de St. Petersburg. Band 16. 1871. Spalte 177—203.  
Band 20. 1874. Spalte 130—169.  
Band 24. 1878. Spalte 177—258 und 419—436.
33. Steuer, A.: Über Zechstein bei Eberbach am Neckar. Notizblatt d. Ver. f. Erdkunde usw. zu Darmstadt. 4. Folge. Heft 27. 1906. Seite 31—35.
34. Stocker, F. X.: Über den Gipsbergbau und die Steinsalzbohrung bei Haßmersheim. 1847.
35. Strigel, A.: Das süddeutsche Buntsandsteinbecken. Verh. d. Naturhist.-Medizin. Ver. zu Heidelberg. N. F. 16. 1929.
36. Wagner, Gg.: Die deutschen Salzlager. Aus der Heimat. 40. Jahrgang. 1927. Seite 97—124.
37. Wagner, W.: Die Lagerungsverhältnisse am Westufer des Mainzer Beckens bei Kreuznach und die Kochsalzquellen von Bad Kreuznach und Bad Münster a. Stein. Notizbl. d. Ver. f. Erdkunde usw. zu Darmstadt, für 1923. 5. Folge. Heft 6.
38. — Woher stammt die Sole der Nahetalbäder Kreuznach und Münster am Stein? Zeitschrift für wissenschaftliche Bäderkunde 1927, Heft 11.
39. Werveke, L. v.: Überblick über den geologischen Bau der Umgegend von Rappoltsweiler. Mitteilungen der Philom. Gesellschaft in Elsaß-Lothringen. 4. Jahrgang 1897, Seite 1—16.
40. — Mineralquellen im Buntsandstein. Mitteilungen der Geologischen Landesanstalt von Elsaß-Lothringen. Band 7. 1901. Seite 91—114.
41. Wurm, A.: Die Nürnberger Tiefbohrungen, ihre wissenschaftliche und praktische Bedeutung. Herausgegeben vom Bayerischen Oberbergamt. München 1929.